

2022.12.14 , 04 期

产业研究中心

探索核能制氢星辰大海

摘要：

2022 年 9 月至 11 月，东华能源与中国核电先后签署《战略合作协议》，并共同出资设立合资公司，推进高温气冷堆项目，主攻第四代高温气冷堆核能制氢。本篇报告尝试从高温气冷堆出发，解释清楚究竟什么是核能制氢，东华能源未来的核能制氢战略是怎样的？

高温气冷堆属于第四代核反应堆，以氦气作冷却剂，以石墨作慢化剂核堆芯结构材料，反应堆堆芯氦气出口温度理论可达 1000℃。高温气冷堆具备两大特性：①固有安全性，指不依靠人为干预、仅仅利用自然规律使反应堆自动冷却的安全特性；与目前主流的压水堆不同的是，高温气冷堆用氦气代替水作冷却剂，用石墨代替水作慢化剂，用陶瓷包覆着的燃料球代替原先的燃料棒，三者在高温下优异的稳定性使得高温气冷堆在物理原理上实现了绝对安全。②高温，相较于压水堆约 300℃ 的出口温度，高温气冷堆 800-1000℃ 的出口温度可适用于制氢、热电联产、化工、冶金等需要高温热源的领域。

高温气冷堆提供了制氢需要的热源，其匹配的技术路线主要有两条：固体氧化物电解水制氢（SOEC）和碘硫循环制氢。两者相比，SOEC 的商业化成熟度较高，技术路线明确，无需贵金属材料，未来可以通过规模化实现降本，但瓶颈在于单堆功率较低，与核能的大规模工业制氢适配度较低。碘硫循环制氢的尚未实现商业化，初期投资成本大，但具备规模经济性，与核能大规模工业制氢适配度高。放眼全球，美俄日韩等核电大国也均已启动本国的核能制氢工程。

在氢能源方面，东华能源目前拥有丙烷脱氢副产氢产能 8.6 万吨，2021 年副产氢销量 1.87 万吨，实现利润 2.14 亿元。高温气冷堆项目预计将于 2023 年开工建设，建设期 4 年，2027 年正式投入使用。项目建成后，高温气冷堆提供的热源：一方面可用于丙烷脱氢工艺（PDH 需要在 550-650℃ 的高温下进行），降低脱氢成本；另一方面，可用于匹配 SOEC 或碘硫循环制氢路线，实现大规模工业制绿氢。

风险提示：技术突破不及预期，降本进度不及预期，产业政策不及预期

作者：陈磊
电话：021-38038037
邮箱：chenlei022459@gtjas.com
资格证书编号：S0880522060001

作者：杨思远
电话：021-38032022
邮箱：yangsiyuan026856@gtjas.com
资格证书编号：S0880522080005

作者：肖洁
电话：021-38674660
邮箱：xiaojie@gtjas.com
资格证书编号：S0880513080002

作者：鲍雁辛
电话：0755-23976830
邮箱：baoyanxin@gtjas.com
资格证书编号：S0880513070005

往期回顾

脑机技术：人机交互的新通路
2022.12.05

正极材料技术迭代：高镍化方向探讨
2022.12.01

储能技术路线选择（一）：从长时储能需求谈起
2022.10.23

轻运动、重社交，下一轮城市中产户外运动消费红利
2022.10.20

氢能专题系列报告（三）：从制氢成本和氢气供求结构看氢市场潜力
2022.09.22

目 录

| | |
|--|---|
| 1. 什么是高温气冷堆？高温气冷堆如何匹配制氢？ | 3 |
| 1.1. 高温气冷堆的前世今生：诞生美国→成长西德→落地中国 | 3 |
| 1.2. 高温气冷堆：具备固有安全性和高温特性 | 4 |
| 1.3. 高温气冷堆匹配的制氢路线：SOEC or 碘硫循环制氢 | 7 |
| 1.4. 全球趋势：美俄日韩的核能制氢路线选择 | 9 |
| 2. 东华能源联手中国核电，布局核能制氢大战略 | 9 |

1. 什么是高温气冷堆？高温气冷堆如何匹配制氢？

要理解高温气冷堆，抓住两个关键词：**高温、气冷**。①高温，指的是第四代高温气冷堆可以输出 700℃-1000℃ 的高温，传统压水堆出口只有 300℃ 左右；②气冷，指的是用氦气对核反应堆进行冷却，第二/三代核反应堆绝大多数用水作冷却剂。高温气冷堆匹配的制氢路线主要包括固体氧化物电解水制氢（SOEC）和碘硫循环制氢两条路线。

1.1. 高温气冷堆的前世今生：诞生美国→成长西德→落地中国

2001 年，第四代核能系统国际论坛（GIF）在美国召开，确定第四代核电反应堆堆芯包括高温气冷堆、熔盐堆、超临界水堆、钠冷快堆、铅冷快堆以及气冷快堆等 6 种堆型。相比前三代核反应堆打补丁式的改进，第四代堆从结构反应、材料应用上都是全新的设计，在原理上实现更高安全性。

图 1：四代核能发电技术发展历程



资料来源：国泰君安证券研究

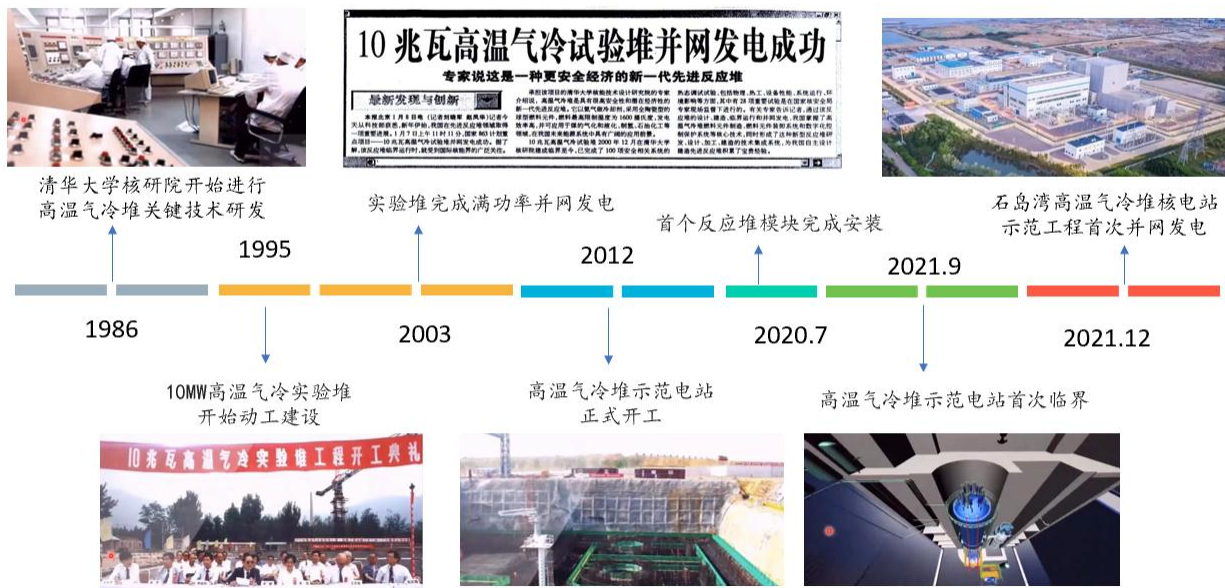
高温气冷堆的设计始于美国，工程化于西德，目前全球仅中国和日本拥有实际示范运行的堆型。1943 年，美国的 Farrington Daniels 在 Oak Ridge 实验室完成高温气冷堆的实验；但直到 1960 年，由西德 Schulten 牵头开始实际的工程设计与建设，1967 年建成高温气冷反应堆 AVR 并实现并网发电，电功率 15MW。

然而，1986 年的切尔诺贝利事件使得西德政府对核电态度发生了转折，高温气冷堆项目（AVR）受到了严格的监督，研发进度滞缓。1988 年，由于燃料球外壳强度的缺陷，在处理卡在出口的燃料球时，外壳破裂，释放了极少量的放射性尘埃，基于当时社会对核电的紧张态度，AVR 被迫关闭。实际上，Schulten 已针对 AVR 的几次事故做了改进，准备开建下一代高温气冷堆 HTR-MODUL，但受此意外，其即将试产的新燃料球

生产线也全部作废。

中国在1970年代末就派出清华学者参加Schulten的团队,并且在团队解散后,买回了相关图纸和执照,带回清华继续研究。1995年中国版的HTR-MODUL(改称HTR-10)在北京市昌平区的清华核研院内开建,2000年首次临界,2003年实现满功率并网,电功率10MW。2012年,商业版的示范堆在山东荣成石港湾开建;2017年底,首个反应堆模块完成安装;2021年9月,高温气冷堆示范电站首次临界,12月首次并网发电。

图 2: 我国高温气冷堆的发展历程

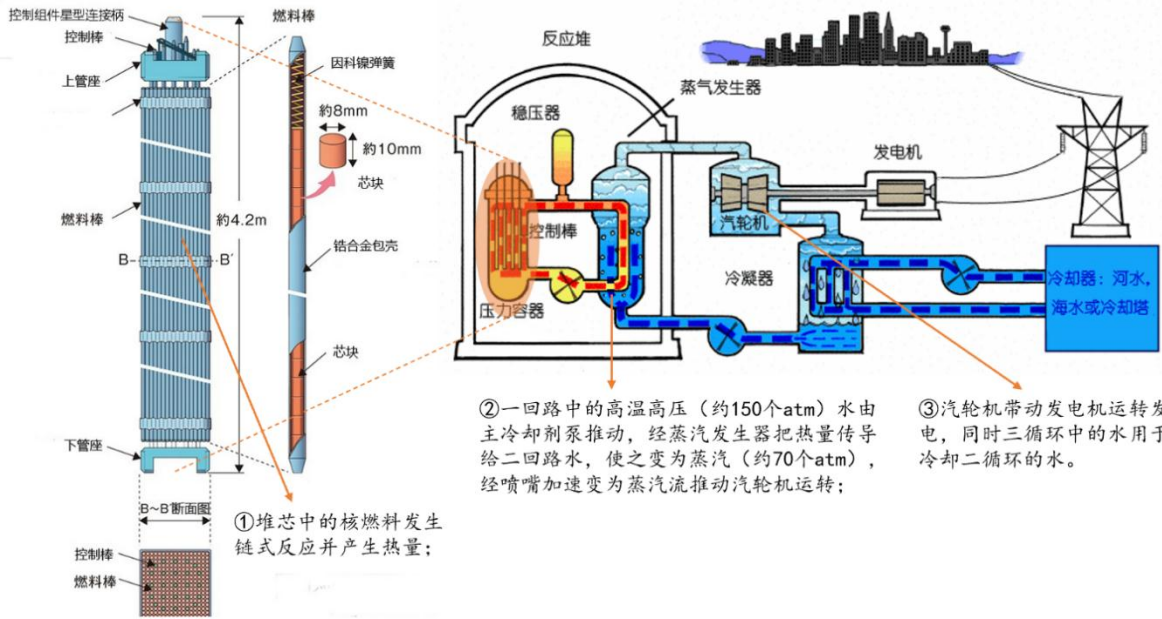


资料来源: 高温气冷堆科普, 清华大学, 国泰君安证券研究

1.2. 高温气冷堆: 具备固有安全性和高温特性

高温气冷堆以氦气作为冷却剂,以石墨作为慢化剂与堆芯结构材料,反应堆堆芯氦气出口温度理论可达950-1000℃,二回路水蒸气出口温度可以达到700℃以上(目前石港湾高温气冷堆实际氦气出口温度为750℃、二回路水蒸气出口温度566℃)。其核反应原理和三代压水堆区别不大,本质上都是将核裂变产生的热能通过冷却剂导出并加以利用变成电能等其他能源形式,但是在燃料球设计、冷却剂以及慢化剂等核心材料上做了优化,从而实现固有安全性和高温两大突出特点。

图 3: 第三代压水堆工作原理



资料来源:《我所认识的核电》, 知乎

一是固有安全性,从理论上杜绝了核电站的最大安全隐患,即堆芯熔化。固有安全性,是指不依靠人为干预,仅仅利用自然规律使反应堆自动冷却的安全特性。目前常见的二、三代核电站主要依靠电力等能动系统进行冷却,或加装应急非能动冷却系统(如高处的蓄水池可利用重力进行应急冷却),但仍无法根除堆芯熔融的可能性;当外界因素的影响大于本身应急能力,如福岛核电站(二代沸水堆)因为地震和海啸的双重作用导致所有供电丧失,在应急冷却系统断电、抢修人员难以抵达的情况下,堆芯余热无法散去,会导致堆芯熔融,放射性元素外泄。

表 1: 高温气冷堆和压水堆的比较

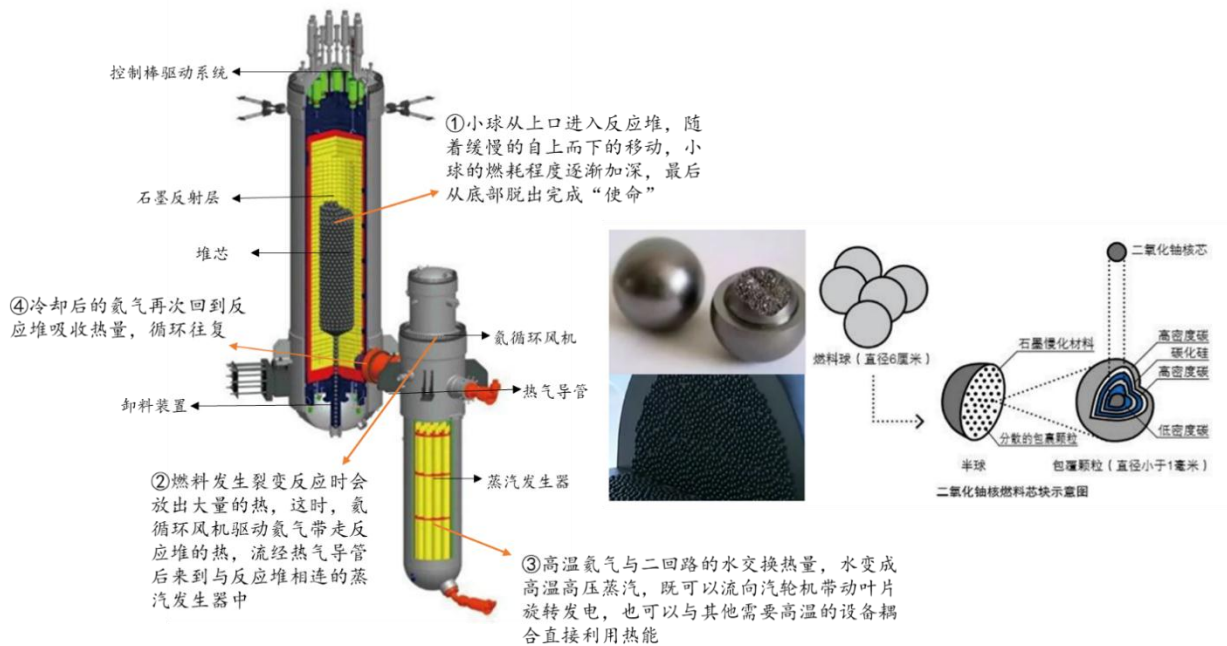
| | 第四代高温气冷堆 | 第三代压水堆 |
|----------|--|--|
| ✓安全性更高 | 堆芯是核反应发生的场所,工作过程主要涉及慢化剂(降低中子速度,提高核反应发生几率)、冷却剂(带走并循环堆芯核反应释放的热)以及核燃料(核反应所需的铀燃料及其包裹材料) 冷却剂: 氦气; 慢化剂: 石墨 核燃料: 球床式高温气冷堆燃料球以 0.5mm 直径的二氧化铀为核心,外圈为四层全包覆陶瓷材料,形成直径约为 0.92mm 的燃料颗粒,约 12000 个燃料颗粒与石墨一起被填充在直径约 60mm 的燃料球中 | 冷却剂、慢化剂: 普通水; 一回路中的水作为慢化剂,会有放射性,为闭式工作循环 核燃料: 核燃料芯块是烧结的二氧化铀陶瓷基体,呈圆柱形,最外层为陶瓷,内部填充二氧化铀粉末。芯块外部有铝合金包壳,一回路系统由钢制容器密封,反应堆又由安全壳密封。 |
| ✓出口温度更高 | 由于高温气冷堆采用的冷却剂、慢化剂、燃料球等都是耐高温材料,堆芯出口温度可达到 800-1000℃ | 出口温度约 300℃; 水的临界温度是 374.3℃,超过这一温度时,无法再增大压力使水液化 |
| ✓可持续循环工作 | 球床堆工作时,可以通过燃料球在堆芯自上而下的缓慢移动实现不停堆换料 | 压水堆机组稳定运行 2 年左右需停堆换料一次,百万 MW 级单个压水堆至少停堆 1 个月 |
| ■功率密度较低 | 由于反应压力容器较大,单机功率只有压水堆的 1/20 到 1/30; 但可模块化组建提高功率 | 技术成熟,燃料密度高,功率密度高 |
| ■投资成本更大 | 技术仍处研究应用阶段,投资成本大; 但具备固 | 技术成熟,相较于高温气冷堆成本低 |

有安全性，可不建造外部两层安全壳，节约成本

资料来源：国泰君安证券研究

①燃料球设计，将铀燃料层层包裹以保证在高温下不会发生外泄。高温气冷堆的球形燃料元件采用 TRISO(tristructural-isotropic)四层包覆技术，以二氧化铀为核心，外圈为四层全包覆陶瓷材料陶瓷材料能够耐受 1600℃ 的高温，石墨基体在高温下也有非常好的化学惰性和结构强度，使得燃料球可以承受极高的温度。

图 4：第四代高温气冷堆工作原理及燃料球结构

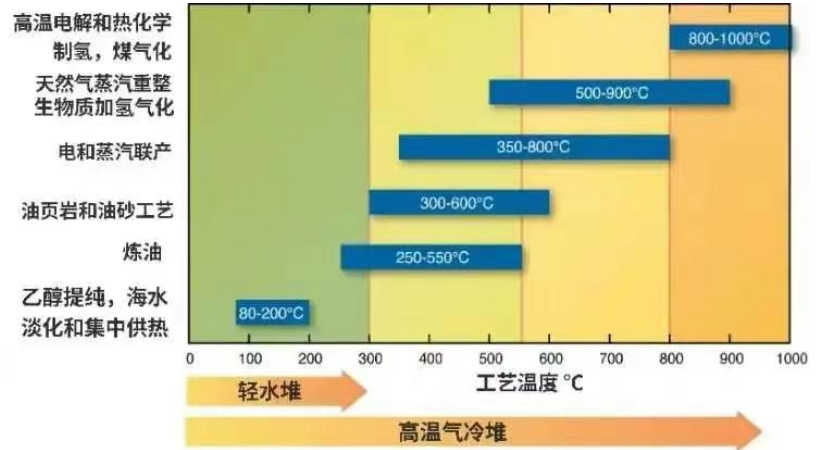


资料来源：高温气冷堆科普，清华大学

②采用氦气作冷却剂、石墨作慢化剂。氦气作为惰性气体，性质稳定不会爆炸，且腐蚀性和放射吸收性均为零；石墨作慢化剂，熔点高达 2800℃，热稳定性好。根据核反应原理，裂变产生的快中子在与石墨碰撞后被慢化，成为热中子，有更大几率与铀 235 反应，热中子与铀 235 的反应截面（即反应几率）会随着温度的上升而减小，当堆芯温度逐渐升高到 1600℃ 后，链式反应基本就停止了，这时即使铀燃料融化，球形燃料原件外部包覆的陶瓷材料和氦气、石墨等完全可以忍耐温度极值，在物理原理上实现了固有安全性。

二是可产生 800-1000℃ 的高温，适用于制氢、热电联产、化工、冶金等需要高温热源的领域。由于堆内核燃料和冷却剂、慢化剂等材料均采用耐高温材料以及其使用气体作为冷却剂的特性，高温气冷堆的工作温度和冷却剂的堆芯出口温度可以达到其它堆型难以企及的高度—800~1000℃。对比压水堆，慢化剂和冷却剂都是普通水，水的临界温度为 374.3℃，超过这一温度就不存在液态水了，而一回路的水需要保持液态不沸腾，因而限制了水冷堆的最高出口温度。

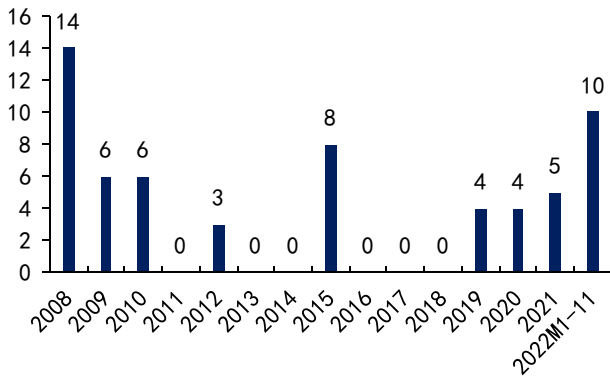
图 5: 不同温度的工业应用场景



资料来源: 高温气冷堆科普, 清华大学

截至 2021 年底, 我国大陆地区共有 23 座核电站, 在建和运行核电机组 71 台 (在运行机组 52 台), 全部分布在沿海地区。由于 2011 年福岛核电站事故影响, 国内对核电站建设一度相当谨慎, 自 2019 年后开始有回升, 2022 年 1-9 月, 已核准新机组达 10 台 (均为第三代压水堆)。全球已正式投入运行的高温气冷堆仅有两座, 分别位于中国山东省荣成市、日本茨城县大洗町。

图 6: 中国年度核准新机组数量 (台)



资料来源: 国家核安全局, 国泰君安证券研究

图 7: 中国石港湾高温气冷堆



资料来源: 华能山东石岛湾核电官网

1.3. 高温气冷堆匹配的制氢路线: SOEC or 碘硫循环制氢

高温气冷堆提供了制氢需要的热源, 其匹配的技术路线主要有两条: 固体氧化物电解水制氢 (SOEC) 和碘硫循环制氢。两者相比, SOEC 的商业化成熟度较高, 技术路线明确, 无需贵金属材料, 未来可以通过规模化实现降本, 但瓶颈在于单堆功率较低, 和核能的大规模工业制氢适配度较低。碘硫循环制氢尚未实现商业化, 初期投资成本大, 但具备规模经济性, 与核能大规模工业制氢匹配度高。

匹配制氢路线一: 高温固体氧化物电解水制氢 (SOEC)

SOEC 为全固态结构, 由阴极、阳极和电解质组成, 从技术原理可分为氧离子传导型 SOEC 和质子传导型 SOEC, 从结构类型可分为平板式和管式。

以目前常用的氧离子传导型平板式 SOEC 为例，700-1000℃的水蒸气和循环氢气从阴极进入系统，在阴极发生还原反应产生氢气，同时生成的氧负离子会经由固体电解质迁移到阳极，失电子结合生成氧气。

图 8：氧离子传导型 SOEC 工作原理

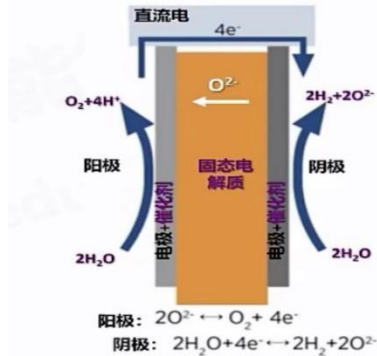
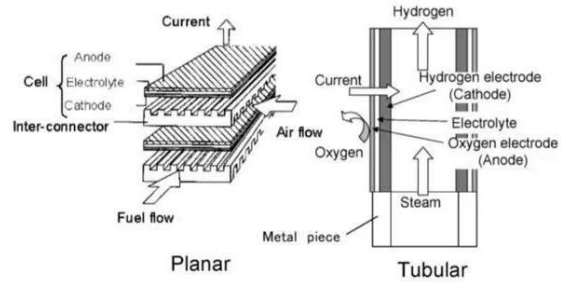


图 9：SOEC 按结构分为平板式和管式两种



资料来源：碱性水电解制氢技术综述及展望，清华大学

资料来源：关于核能高温水蒸气电解制氢的研究，Alpatent

表 2：SOEC 核心部件及材料选择

| 核心部件 | 选用材料 | 功能及材料要求 |
|------|---------------------------------|---|
| 电解质 | 常用钇稳定氧化锆 YSZ 的导电陶瓷材料 | 主要作用： 将阴极产生的氧离子传导至阳极，阻隔电子传导，并防止阴阳极产生的氢气和氧气相互接触。 材料要求： ①极高的离子传导率和极低的电子传导率；②气密性高，防止阴极的氢气渗透进入阳极；③适用于 800-1000℃ 的高温运行环境。 |
| 阴极 | 常用 Ni 和 YSZ 制造的金属陶瓷复合材料 | 主要作用： 原料水分解的场所，并提供电子传导通道。 材料要求： ①良好的电子传导率、氧离子传导率和催化活性；②高温高湿下的化学稳定性，阴极需要和高温水蒸气直接接触；③合适的孔隙度，保证电解所需的水蒸气的供应和氢气产物的输出；④阴极材料和电解质材料的热膨胀系数相近，保持高温下的机械稳定，防止材料破碎。 |
| 阳极 | 常用钙钛矿氧化物制备的导电陶瓷材料，如掺杂锶的锰酸镧（LSM） | 主要作用： 产生氧气的场所 材料要求： ①优良电子传导率、氧离子传导率和催化活性；②多孔结构，便于氧气流通；③阳极材料和电解质材料的热膨胀系数匹配，保持高温下的机械稳定，防止材料破碎。 |

资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，势银能链，国泰君安证券研究

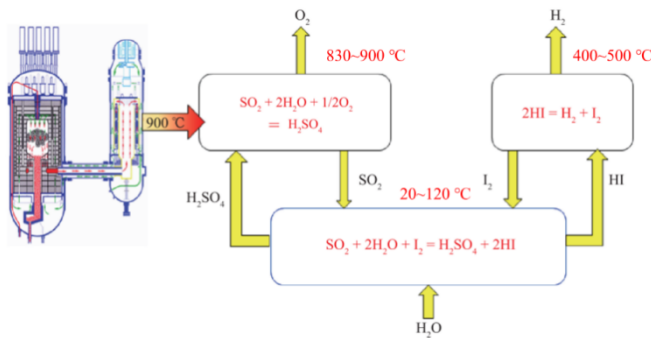
SOEC 的电解效率高、能耗低，可通过大规模产业化显著降低设备成本；但同时冷热启动慢，对外界负载波动响应时间长，不适用于大规模风光制氢的氢储能系统，并存在电解池长期运行过程中的性能衰减、电解池的高温连接密封、大规模制氢系统集成等问题。目前 SOEC 电解设备的总体产业化程度不高，推出的商业化产品较少：国外的 SOEC 设备生产厂商主要有德国的 Sunfire、丹麦 Topsoe 和美国 Bloom Energy；国内的 SOEC 设备企业约十家左右，主要包括潮州三环、宁波索福人、北京质子动力等。

匹配制氢路线二：碘硫循环制氢

碘硫循环制氢主要分 3 步，反应的净结果为水分解生成氢气和氧气：①本生反应： $I_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI$ ，常温进行，生成混合的 H_2SO_4 和 HI ；②碘化氢分解： $2HI = H_2 + I_2$ ，500℃ 左右进行，需要催化剂；③硫酸分解：

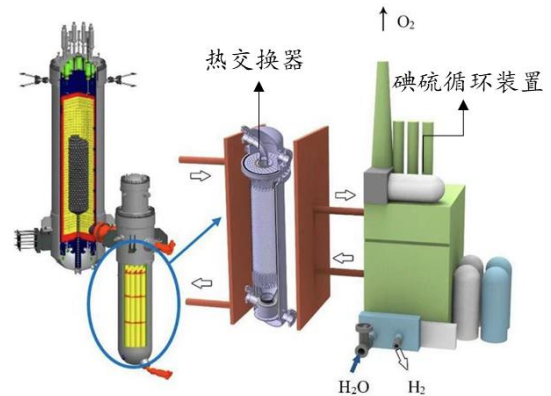
$2\text{H}_2\text{SO}_4=2\text{SO}_2+2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2$, H_2SO_4 经过浓缩后在 850°C 左右催化分解, 得到最初的反应物, 完成闭合循环。**碘硫循环制氢的特点:** ①成本低, 不需要用贵金属催化剂; ②具有规模经济性, 全流体过程易于规模的扩大和实现连续运行。目前产业化程度较低, 还处于实验室阶段。

图 10: 碘硫循环制氢原理



资料来源: 零碳未来协会, 清华大学

图 11: 碘硫循环制氢装置



资料来源: 国泰君安证券研究

1.4. 全球趋势: 美俄日韩的核能制氢路线选择

美俄日韩等核电大国均已启动本国的核能制氢工程: ①俄罗斯计划在 2033 年前推出俄罗斯首座制氢核站, 2036 年前投入工业运行, 进行高温气冷堆核能制氢。②美国采取“碘硫循环+SOEC”的制氢路线, 在实验室高温模拟环境下通过加入催化剂降低碘硫循环核心步骤“硫酸分解”反应所需高温; SOEC 路线计划与现有的三代核电堆匹配推进商业化进程。③韩国斗山集团在 2022 年 1 月, 启动压水堆高温蒸汽匹配“SOEC”制氢项目。④日本三菱重工宣布在 2022 年内启动高温气冷堆匹配“碘硫循环+SOEC”制氢的验证实验, 计划 2030 年-2035 年达到实用化。

图 12: 美俄日韩的核能制氢路线

俄罗斯首座制氢核电站或于 2036 年前投入运行

2021-12-27 16:01 来源: 界面新闻

12月27日消息, 俄罗斯国家原子能公司下属的机械制造部门AtomEnergMash公司总经理安德烈·尼基配洛夫, 在接受媒体采访时表示, 计划到2033年前推出俄罗斯首座制氢核站, 到2036年前投入工业运行。

他表示, 该公司参与多个方向的氢项目, 其中包括开发用于生产氢的核能技术站项目, 为存储和运输氢气建设设备系统。

据他表示, 现在该公司下属企业阿夫里坎托夫机械制造试验设计局即将完成高温气冷堆项目的方案设计制定工作。

他指出, “根据路线图, 2023年应该结束核能技术站高温气冷堆装置的技术设计工作。”

美国能源企业加速核能制氢布局

2022-09-28 16:49 来源: 中国能源研究会核能专委会



近日, 美国阿贡国家实验室(ANL)与星座能源公司(Constellation Energy Corp)宣布合作开发无碳发电技术, 包括核能制氢项目。Bloomington能源公司和Xcel能源公司也已宣布计划在明尼苏达州的一座核电厂生产氢气。与此同时, 美国能源部(DOE)已开放了一项价值70亿美元的

韩国斗山推动利用核电站产生的蒸汽制氢

2022-01-17 14:17 来源: 标普全球 作者: Staff/Charles Lee

业务覆盖核电站建设的韩国斗山商业集团(Doosan Business Group)启动了一个利用核电站产生的高温蒸汽生产绿色氢的项目, 该项目可能会实现以更低价格大规模生产氢, 这与韩国推动清洁能源转型的努力相一致。

斗山商业集团的控股公司斗山股份有限公司(Doosan Corporation)本周在一份声明中表示, 通过该联合项目, 斗山将基于固体氧化物电解槽(SOEC)技术建造一座绿色氢生产设施。该设施将使用位于韩国东海岸蔚珍郡的一座核电站产生的蒸汽进行生产。

上周, 斗山就该项目与蔚珍郡、首尔国立大学核能政策中心、国有韩国电力公司(Korea

三菱重工将利用新型反应堆量产氢能 2030年实用化

2022-04-24 16:07

4月22日, 三菱重工宣布, 将使用名为“高温气冷堆(HTRG)”的新一代反应堆大量生产氢气。2022年内将启动验证实验, 预计到2030年代前半期达到实用化。如果利用核电站生产的电制氢, 可以兼顾低成本和脱碳。目标是在碳排放较多的钢铁业等产业界使用。



茨城县大洗町的高温工学试验研究炉

资料来源: 北极星核电网

2. 东华能源联手中国核电, 布局核能制氢大战略

2022年9月，东华能源公告与中国核电签署《战略合作协议》，双方共同推进高温气冷堆项目，未来五年内预计投资超千亿元，共同打造零碳产业园。2022年11月，东华能源公告拟与中国核电共同出资设立茂名绿能，分别持股49%和51%，进一步推进高温气冷堆项目。

表 3: 东华能源与中国核电《战略合作协议》主要内容

| 《战略合作协议》主要内容 | |
|--------------|--|
| 1 | 双方共同推进高温气冷堆项目，通过对高温蒸汽的梯次利用，保障“东华茂名轻烃产业园”蒸汽、电力、制冷乃至氢能的清洁化供应，共同打造零碳产业园以及高温气冷堆与石化产业耦合的新发展理念样板工程 |
| 2 | 双方将联合成立氢能联盟，设立氢能研究院、中试装置，主攻绿氢制备环节中热化学制氢技术路线，并研发氢气的固态储存材料和装备 |
| 3 | 推动中核集团或其成员单位成为东华能源的战略投资者（占股比例5%-15%），委派董事参与东华能源董事会的管理，打造“央企+民企”混合所有制改革的典范 |
| 4 | 按照“保量优价优先”的原则，向东华能源提供经济、零碳的电力供应，切实助力东华能源的项目降低动力成本 |
| 5 | 双方在园区建设、产业基金、环保水务和人才培养等方面，开展全方位的合作，并建立高层定期交流和常态对接沟通机制，保障各项合作有序推进 |

资料来源：公司公告，国泰君安证券研究

东华能源从LPG（液化石油气，主要组分包括丙烷、丁烷）贸易起家，2011年开始向丙烷脱氢制丙烯（PDH）转型，并逐步确立起聚丙烯高端复合新材料和氢能源两大战略发展方向。在氢能源方面，公司拥有宁波、茂名、张家港三个生产基地，现有副产氢产能8.6万吨（宁波5.7万吨、张家港2.9万吨），2021年副产氢销量1.872万吨，实现利润2.14万元。公司目前规划建设茂名基地两套60万吨PDH装置，若全部投产，预计副产氢产能将达到14.3万吨。

图 13: 东华能源氢能业务发展历程



资料来源：公司公告，国泰君安证券研究

表 4: 东华能源丙烯、氢气、聚丙烯产能（单位：万吨）

| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022E |
|----|-----|------|------|------|------|-------|
| 产能 | 丙烯 | 120 | 120 | 120 | 180 | 240 |
| | 副产氢 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 8.6 | 11.4 |
| | 聚丙烯 | 80 | - | 90 | 160 | 200 |

资料来源：公司公告，国泰君安证券研究

东华能源将依托现有的丙烷脱氢副产氢业务,进一步向核能制绿氢转型。此次东华能源与中国核电共同推进的高温气冷堆项目将落地在东华能源广东茂名基地,项目预计将于2023年开工建设,建设期4年,2027年正式投入使用。项目建成后,高温气冷堆提供的热源:一方面可用于丙烷脱氢工艺(PDH需要在550-650℃的高温下进行),降低脱氢成本;另一方面,可用于匹配SOEC或碘硫循环制氢路线,实现大规模工业制绿氢。

图 14: 茂名滨海新区吉达新材料产业园城市规划及港口规划



资料来源：公司官网，国泰君安证券研究

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

本报告仅供国泰君安证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰君安证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

国泰君安证券研究

| | 上海 | 深圳 | 北京 |
|----------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 地址 | 上海市静安区新闻路 669 号博华广场 20 层 | 深圳市福田区益田路 6009 号新世界中心 34 层 | 北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心南楼 18 层 |
| 邮编 | 200041 | 518026 | 100032 |
| 电话 | (021) 38676666 | (0755) 23976888 | (010) 83939888 |
| E-mail : | gtjaresearch@gtjas.com | | |